

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta stavební

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2019

Eva Gálíková



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ
INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

EKONOMICKÉ HODNOCENÍ DŘEVOSTAVEB

ECONOMIC EVALUATION OF WOOD BUILDINGS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Eva Gálíková

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILOSLAV VÝSKALA, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607R038 Management stavebnictví
Pracoviště	Ústav stavební ekonomiky a řízení

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Eva Gálíková
Název	Ekonomické hodnocení dřevostaveb
Vedoucí práce	Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Srubové domy z kulatiny, Dalibor Houdek, Otakar Koudelka (MM Publishing, 2011, ISBN 978-80-904414-4-6)

Dřevěné stavby, Jozef Štefko, Ladislav Reinprecht, Petr Kuklík (Jaga group, 2006, ISBN 978-80-8076-080-9)

Moderní dřevostavby, Pavel Horák (Computer press, 2011, ISBN 978-80-251356-8-6)

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce je analýza vybraných částí životního cyklu staveb pro individuální bydlení se zaměřením na dřevostavby.

1. Definice dřevostavby, parametry zvoleného objektu.

2. Životní cyklus staveb.

3. Náklady (vybraných částí) životního cyklu staveb.

5. Analýza nákladů životního cyklu dřevostavby v konkrétních příkladech.

Očekávaným výstupem práce bude analýza nákladů (vybraných částí) životního cyklu dřevostaveb.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá porovnáním dřevostavby a zděné stavby v provozní a likvidační fázi životního cyklu.

Konstrukce jsou porovnávány z hlediska tepelně technických vlastností, akustických vlastností, požární odolnosti, životnosti a vlivu na životní prostředí. Dále je porovnána náročnost na výstavbu a demolici z hlediska nákladů, časové náročnosti a jednotlivých hmotností.

KLÍČOVÁ SLOVA

Životní cyklus staveb, náklady, dřevostavba, zděná stavba, porovnání.

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with comparison of a timber frame construction and a masonry building in the third and fourth part of building life cycle.

Constructions are compared in thermal properties, acoustic properties, fire resistance, lifetime and it's effect on the environment. Also, the thesis deals with demands on new constructions and it's demolition involving it's costs, time demands and it's masses.

KEYWORDS

Building life cycle, costs, wood building, masonry building, comparison.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Eva Gálíková *Ekonomické hodnocení dřevostaveb*. Brno, 2019. 49 s., 48 s. příl.

Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Ekonomické hodnocení dřevostaveb* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 21. 5. 2019

Eva Gálíková
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Ekonomické hodnocení dřevostaveb* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 21. 5. 2019

Eva Gálíková
autor práce

Poděkování

Chtěla bych poděkovat Ing. Miloslavu Výskalovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a Ing. Karlu Tomečkovi za poskytnutí projektu pro vypracování této práce.

Obsah

1.	Úvod	1
2.	Dřevostavby	2
2.1.	Stavby z masivního dřeva.....	2
2.2.	Hrázděné stavby	3
2.3.	Balloon-frame, Platform-frame	4
2.4.	Rámové stavby	5
2.5.	Stavby z dřevěných panelů.....	8
2.6.	Skeletové stavby	9
3.	Životní cyklus staveb	10
4.	Náklady životních cyklů staveb.....	11
5.	Výhody a nevýhody dřevěných a zděných konstrukcí	14
5.1.	Výhody dřevostaveb:	14
5.2.	Nevýhody dřevostaveb:.....	15
5.3.	Výhody zděných staveb:	15
5.4.	Nevýhody zděných staveb:.....	16
6.	Hodnocení kvality budov	16
7.	Popis objektu.....	17
7.1.	Obvodové stěny	19
7.2.	Vnitřní nosné stěny	20
7.3.	Příčky.....	20
7.4.	Střešní konstrukce	21
7.5.	Stropní konstrukce	22
8.	Tepelně technické vlastnosti.....	23
8.1.	Součinitel prostupu tepla	23
9.	Stupeň energetické náročnosti	27
10.	Akustické vlastnosti	28
11.	Požární odolnost konstrukcí	30
12.	Životnost	34
13.	Ekologie.....	35
14.	Porovnání náročnosti výstavby a demolice	36

14.1.	Náklady na výstavbu	36
14.2.	Náklady na demolici	38
15.	Závěr	42
16.	Zdroje	43
17.	Seznam příloh	47
18.	Seznam obrázků	47
19.	Seznam tabulek	48
20.	Seznam grafů	48
21.	Seznam použitých zkratek	49

1. Úvod

Téma této bakalářské práce je „Ekonomické ohodnocení dřevostaveb“. Cílem této práce je porovnání dřevostavby a zděné stavby v provozní a likvidační fázi z různých hledisek. Tato práce navazuje na práci Lucie Gregorové, která se zabývá předinvestiční a investiční fází životního cyklu.

Pro porovnání byl použit projekt již existujícího bytového domu, který stojí v Olomouci na ulici Dvořákova. Tento projekt poskytl pan Ing. Karel Tomeček, který působí ve vedení společnosti TOMA Olomouc, s.r.o.

Bakalářská práce se skládá ze dvou částí. V teoretické části jsou rozebrány konstrukční systémy dřevostaveb, životní cykly, náklady jednotlivých životních cyklů a výhody a nevýhody dřevostaveb a zděných staveb.

V praktické části je popis objektu a jednotlivých skladeb, včetně nově navržených konstrukcí dřevostavby. Jsou porovnány tepelně technické vlastnosti, akustické vlastnosti, požární odolnost, životnost a ekologie. Dále je srovnána náročnost na výstavbu z hlediska nákladů a na demolici z hlediska nákladů, časové náročnosti a hmotnosti vzniklé suti.

2. Dřevostavby

Dřevostavba je budova, při jejíž stavbě bylo pro nosnou konstrukci z velké části použito dřevo. Nejčastěji se používá smrkové a jedlové dřevo, také dřevo z borovic a modřínů.

Konstrukční systémy dřevěných staveb:

- stavby z masivního dřeva,
- hrázděné stavby,
- Balloon-frame, Platform-frame,
- rámové stavby,
- stavby z dřevěných panelů,
- skeletové stavby.

2.1. Stavby z masivního dřeva

Srubové stavby a roubenky jsou nejstarším typem konstrukce dřevostaveb. Konstrukce je charakteristická svislým obvodovým pláštěm, složeným z jediné vrstvy, která plní nosnou, obkladovou a izolační funkci. Dnešní požadavky na tepelně technické vlastnosti obvodového pláště však taková konstrukce nemůže splnit. Je možné zvolit třívrstvý systém, kdy mezi dřevěnými kulatinami je vložena tepelná izolace, což je ovšem nákladově náročné. [1]

Výhody:

- stylovost,
- nenáročnost opracování dřeva,
- nenáročnost na spojovací materiál.

Nevýhody:

- velká spotřeba dřeva,
- složitost provedení rohových spojů,
- speciální výběr dřeva,
- pevné uspořádání půdorysu,
- velká náročnost na ochranu dřeva,
- velké objemové změny. [2]



Obr. 1: Stavba z masivního dřeva [3]

2.2. Hrázďené stavby

Stěny hrázďených staveb tvoří hranolová kostra, která je sama o sobě neposuvná, a vyrábějí se jako vnější a vnitřní stěny. Všechny staticky účinné síly jsou přenášeny pruty; dříve vyzdívané prostory dutin, dnes většinou vyplňované izolačním materiálem a jsou staticky nevýznamné. [1]

Výhody:

- možnost patrové výstavby,
- jednoduchá a rychlá montáž,
- rychlé zastřešení stavby,
- menší spotřeba dřeva.

Nevýhody:

- velká náročnost na ochranu dřev,
- dnes už se tento typ staveb neprovádí. [2]



Obr. 2: Hrázděná stavba [4]

2.3. Balloon-frame, Platform-frame

Tento konstrukční systém se skládá ze sloupků postavených v malých vzdálenostech vyztužených materiálem z masivního dřeva nebo deskami na bázi dřeva (třívrstvé desky, desky OSB, desky MDF, třískové desky, sádrovláknité desky, překližkové desky atd.).

U Balloon-frame je konstrukce stěn tvořena nosnými sloupky, které probíhají přes více podlaží. Zespod i shora je nosný rám uzavřen dřevěnými prkny. Stropní nosníky jsou připojeny na stávající průběžné dřevěné sloupky.

Platform-frame má nosnou konstrukci složenou ze sloupků na jedno podlaží. V případě vícepodlažních budov stavba probíhá postupně po jednotlivých podlažích. [1]

Výhody Balloon frame:

- rychlá výstavba,
- nízká náročnost na použití dřeva,
- jednotná dimenze dřevěných prvků na celý dům,
- možnost změn na stavbě v půdorysném rozvržení,

- rychlé zastřešení,
- není potřeba těžké manipulační techniky.

Nevýhody Balloon frame:

- dlouhé dřevěné prvky,
- pracnost,
- tvorba stavby na staveništi. [2]



Obr. 3: Stavba typu Balloon frame [5]

2.4. Rámové stavby

Rámové konstrukce jsou nejběžnějším typem konstrukčního systému dřevostaveb. Skládají se z nosných dřevěných prvků a z pláště. Stojky umístěné ve vzdálenosti 600 – 625 mm od sebe působí staticky hlavně ve

vertikálním směru. Tyto nosné prvky jsou zespodu a shora připevněny na horní a spodní pas a tento celek tvoří rám. Překrytí tohoto rámu velkoplošným materiálem působí staticky ve směru horizontálním a fixuje tak stojky proti vybočení do stran. Tím se rám stává dokonale tuhý ve všech směrech. [6]

Nosná konstrukce (pasy a stojky) jsou vyráběny hlavně z hoblovaného a vysušeného řeziva a opláštění je tvořeno různými velkoplošnými materiály. Nejvíce používanými jsou desky OSB s velkými orientovanými třískami a sádrovláknité desky. Prostor mezi stojkami a deskami je vyplněn nejčastěji minerální vatou, nebo jinou tepelnou izolací. Vnější stranu stěny tvoří termofasáda tvořená tepelnou izolací a omítkou, popřípadě dřevěný obklad nebo obklad z cementovláknitých desek. Z vnitřní strany nosné konstrukce se používá tzv. instalační předstěna, což je prostor, ve kterém jsou vedeny veškeré potřebné rozvody. Instalační předstěna je vyplněna izolací a interiérová vrstva je nejčastěji tvořena ze sádrokartonových desek. [7]

Při provádění rámových dřevostaveb s částečnou prefabrikací je předem ve výrobní hale sestaven dřevěný rám s jednostranným opláštěním. Předem připravené rámy se dovezou na staveniště, kde se vzájemně smontují a tím se vytvoří prostorová konstrukce domu, dostatečně vyztužená pro přenos zatížení, a stavba se může zastřešit. Výhodou tohoto způsobu provádění rámové stavby je možnost sestavení rámu v krytém výrobním prostoru. Tím se minimalizuje doba, během níž může být dřevo a materiály na bázi dřeva v konstrukci použité, vystaveny povětrnostním vlivům a tím nebezpečí pronikání vlhkosti do materiálů. [8]

Charakteristické znaky dřevěných rámových staveb:

- volnost architektonického řešení,
- jednoduchost konstrukčního systému,
- opakující se detaily,
- nosná kostra sestává ze štíhlých, standardizovaných průřezů,
- celkové vyztužení opláštěním,
- dostupnost materiálu,
- podlažní výstavba,
- spoje kontaktními styky a mechanickými spojovacími prostředky,
- rastrový rozměr 400-700 mm, přednostně 625 mm,
- konstrukce oboustranně obložená,
- krátká doba výstavby (možnost různých stupňů předvýroby). [9]

Výhody:

- dobré tepelně izolační vlastnosti,
- neprůzvučnost stěn,
- rychlá montáž,
- montáž možná jak na stavbě, tak v dílnách,
- výstavba i v zimním období,
- zdravotní nezávadnost,
- menší tloušťky stěn než u zděných domů,
- větší prostor pro bydlení,
- příjemné vnitřní klima,
- nenáročnost na dřevo,
- rozmanitost architektonického ztvárnění,
- nižší cena,
- lehkost stavby oproti zděným domům,
- dobrá požární odolnost,
- rychlost výstavby.

Nevýhody:

- náročnost montáže (parozábrany),
- potřeba odborné pomoci,
- v detailech poměrně složité zabezpečení vzduchotěsnosti objektu,
- potřeba hodně informací pro správnou výstavbu. [2]



Obr. 4: Rámová stavba [10]

2.5. Stavby z dřevěných panelů

Nosná konstrukce je tvořena masivními dřevěnými panely. Panely jsou na stavbu dodávány předem opracované na CNC obráběcím centru s předem vyřezanými spoji, stavebními otvory a dalšími úpravami, což usnadňuje a významně urychluje následnou montáž na staveništi. Dřevěné panely jsou tvořeny buď vzájemně vruty spojenými vrstvami prken, nebo z křížem vrstveného masivního dřeva. [1]

Výhody:

- rychlá výstavba,
- velká prostorová tuhost stavby,
- malá tloušťka nosné konstrukce,
- prefabrikace,
- možnost víceposchodových domů,
- možnost použití panelu i do stropů,
- odolnost pro přenos velkého zatížení,
- malé objemové změny, které jsou způsobené křížovým vrstvením u vrstvených bloků.

Nevýhody:

- složitost manipulace (potřeba jeřábové techniky),
- nutnost přesného rozvržení jednotlivých panelů do stavby. [2]



Obr. 5: Stavba z dřevěných panelů [11]

2.6. Skeletové stavby

Konstrukce je tvořena prutovými prvky určitého modulu. Nosná konstrukce je doplněna pláštěm, který je nezávislý na nosné konstrukci a zajišťuje ostatní funkce obvodového pláště, jako například tepelně technickou funkci, akustickou funkci atd. Nosná konstrukce je tvořena masivními dřevěnými prvky s větší osovou vzdáleností, které přenášejí veškeré zatížení až do základů. Problémem těchto staveb je způsob spojení jednotlivých dřevěných prvků. Spoje jsou většinou prováděny pomocí ocelových prvků, do kterých jsou dřevěné prvky ukotveny. [1]

Výhody:

- využití pro větší, prostorově náročné budovy,
- rychlost výstavby,
- konstrukce nenáročná na dřevo,
- možnost předvýroby v dílně,

- možnost velkých otvorů ve stěnách (dveře, okna),
- různé architektonické návrhy.

Nevýhody:

- náročnost provedení stavby,
- konstrukci je třeba vyztužit ve vodorovném směru,
- složité řešení proti vodorovným zatížením. [2]



Obr. 6: Skeletová stavba [12]

3. Životní cyklus staveb

Životní cyklus staveb se dá definovat jako časové období mezi počáteční myšlenkou, přes její projektování, realizaci, případně změnu stavby a užívání až po její odstranění. Prochází jím Každý stavební objekt, nehledě na jeho účel či velikost.

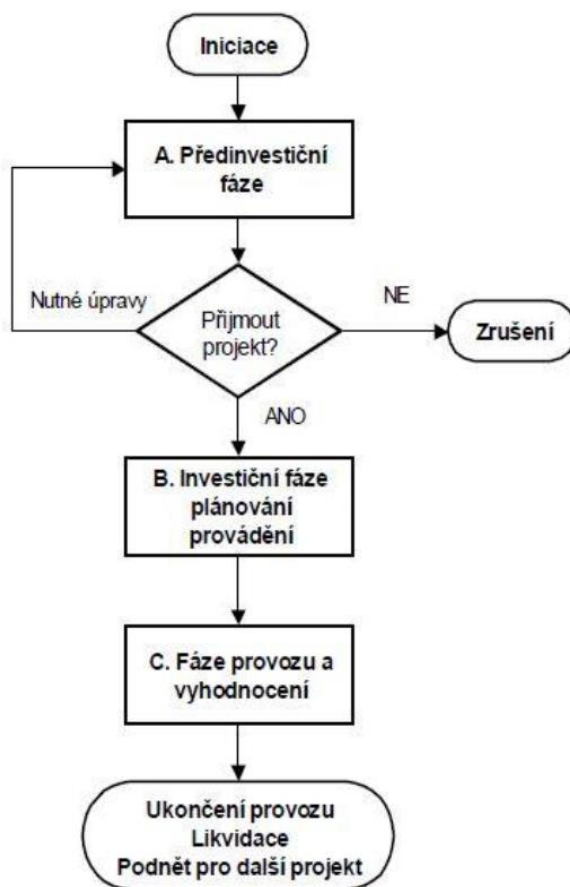
Na počátku životního cyklu investor přemýšlí o budoucí výstavbě. Myšlenka investora vychází z jeho potřeb, finanční a sociální situace. Tato fáze může trvat i několik let, vše odvíjí od kapitálu investora. Tato fáze životního cyklu se nazývá fází předinvestiční.

Další fází životního cyklu je fáze investiční, kdy dochází k prvnímu kontaktu mezi investorem a dodavatelem a k samotné realizaci stavby. Délka procesu je dána představou investora o budoucí podobě stavby a možnostmi

dodavatele jeho požadavky splnit. Největší vliv na časovou náročnost této fáze má však zvolený typ konstrukce.

Životní cyklus pokračuje provozní fází, kterou můžeme nazvat životností stavby, jenž se dělí na ekonomickou a technickou.

Poslední fází cyklu je likvidace stavby. Tato fáze uzavírá investiční cyklus. Rozhodující činností je odstranění stavby a její projekční příprava. [13]

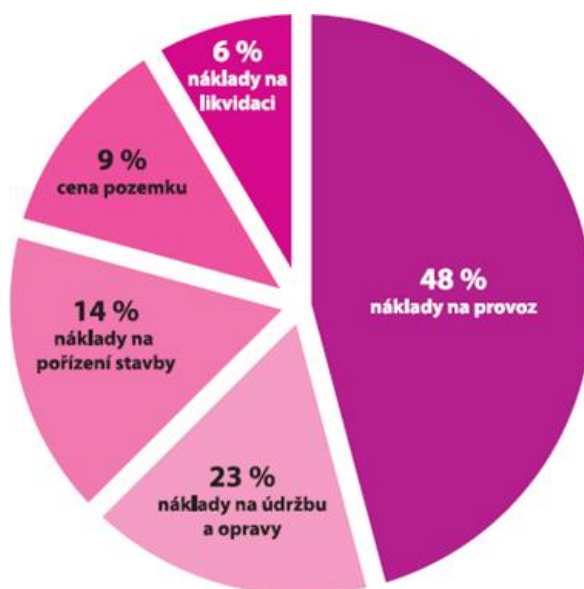


Obr. 7: Fáze životního cyklu stavby [14]

4. Náklady životních cyklů staveb

Vznik každého objektu je podmíněn materiálovými a energetickými vstupy. V průběhu života stavby je spotřebovávaná energie a materiály potřebné na provoz a údržbu. V každém období životního cyklu je vynakládáno velké množství energií a vzniká nemalé množství odpadů a emisí. Tyto skutečnosti, ovlivňující dopad stavby na životní prostředí, lze ovlivnit již před realizací stavby. Většinou volba levnějších řešení při stavbě

a realizaci projektu, nezanedbatelně zvýší náklady v období užívání stavby. Z ekonomického hlediska je období užívání stavby tím nejnáročnějším. Tvoří $\frac{3}{4}$ celkových nákladů v období životnosti stavby a z toho jedna třetina tvoří náklady na správu a údržbu. [15]



Graf 1: Procentuální vyjádření nákladů životního cyklu stavebních objektů
[16]

Projekt spojený s výstavbou je dynamický systém, který se člení do čtyř fází:

- a) **předinvestiční fáze** – stanovují se cíle stavby a způsob jejího řešení. Zahrnuje analýzu požadavků a podmínek, studie proveditelnosti a výběr varianty.
- b) **investiční fáze** – je to nejpracnější a nejnákladnější část životního cyklu stavby. Zabývá se zadáváním realizace, realizační přípravou projektu, realizací a odzkoušením stavby.
- c) **provozní fáze** – jedná se o vlastní užívání stavby, které začíná jejím předáním a končí likvidací.
- d) **likvidační fáze** – patří sem všechny práce spojené s likvidací stavby a následné odstranění a likvidace stavební suti. [17]

Náklady vznikají ve všech čtyřech výše uvedených fázích. Nejvyšší náklady vyžaduje investiční a provozní fáze. Výnosy vznikají teprve ve fázi provozní a končí ukončením užívání stavby.

Fáze investiční

❖ Náklady spojené s technickými parametry budov

- Investiční náklady
 - Náklady na zpracování projektové dokumentace
 - Náklady na pořízení vlastní budovy
 - Ostatní investiční náklady

Fáze provozní

❖ Náklady spojené s technickými parametry budov

- Náklady na opravy a udržování budov
 - Náklady na opravy poruch vzniklých užíváním budovy
 - Náklady na údržbu konstrukčních prvků, které ji pro zachování plné funkčnosti potřebují
- Náklady na modernizaci
 - Náklady na stavební úpravy
 - Zpravidla jednorázové náklady způsobené opotřebením konstrukce
 - Predikce nákladů možná při znalosti přibližné délky životnosti hlavních konstrukčních prvků
- Náklady na rekonstrukci
 - Náklady na stavební úpravy
 - Technické zhodnocení stavebního objektu
 - Predikce nákladů možná při znalosti plánu rozvoje budovy či změny užívání budovy

❖ Náklady spojené s provozem budov

- Služby technických pracovníků zajišťujících provoz budovy
- Dodávky vody, tepla, plynu a elektrické energie
- Úklid budovy

- Revize
- ❖ Správní náklady spojené s existencí budov
 - Náklady na zajištění ekonomických potřeb budovy
 - Správa budovy
 - Zajištění a řízení využití budovy
 - Účetní evidence
 - Platby faktur
 - Náklady v podobě daní a pojištění
 - Náklady na zajištění právních služeb
 - Návrhy smluv o užívání budovy, pronájmech či dodávkách služeb
 - Sledování relevantních právních předpisů
 - Ostatní právní služby
 - Náklady na evidenci uživatelů budovy
 - Náklady spojené s komplexní evidencí a pasportizací budovy a jejich jednotlivých konstrukčních prvků

Fáze likvidační

- Náklady na likvidaci (demolici) budovy
- Náklady na dopravu odpadu
- Náklady na recyklaci odpadu
- Náklady na uložení odpadu [18]

5. Výhody a nevýhody dřevěných a zděných konstrukcí

5.1. Výhody dřevostaveb:

- snadná a levnější variabilita prostoru vzhledem k možným dispozičním změnám v budoucnu,
- masivní dřevo dokáže regulovat vlhkost vzduchu,
- díky menší tloušťce obvodové nosné konstrukce, může mít dřevostavba o stejném obestavěném prostoru přibližně o 10 % více podlahové plochy oproti zděnému domu,

- dřevostavby mají nižší náklady na likvidaci stavby,
- celoroční výstavba (suchý proces výstavby),
- lehčí, než stavba zděná (nevyžaduje tak masivní základy),
- obnovitelné a přírodní materiály,
- nepřekonatelný estetický a pocitový zážitek při použití viditelných dřevěných masivních prvků
- zvýšená neprůzvučnost stěn.

5.2. Nevýhody dřevostaveb:

- dřevostavby mají kratší životnost nežli stavby zděné,
- hořlavost dřeva (správně navržená konstrukce dřevostavby se až tak moc neliší od stavby zděné),
- v případě nedodržení podmínek užívání stavby, nebo špatném návrhu konstrukcí, může dojít ke zvýšení vlhkosti a k následnému výskytu plísní či dřevní hniloby,
- dřevostavby mají horší akustické vlastnosti, zejména v oblasti kročejového hluku,
- dřevostavby mohou do interiéru uvolňovat různé impregnační a ochranné látky, které mohou být více či méně životu nebezpečné
- sedáním stavby dochází k pohybům dřevěných prvků stavby, což může vést k výskytu prasklin a snížení estetického i uživatelského komfortu,
- stěny dřevostaveb neakumulují teplo jako např. zděné stavby
- dřevostavby je výhodnější používat v klimaticky příznivějších oblastech (kde nejsou výrazně nízké teploty).

5.3. Výhody zděných staveb:

- cihly pálené při vysokých teplotách zaručují mnohaletou životnost,
- vynikající tepelně akumulační vlastnosti konstrukce,
- dobré akustické vlastnosti,
- menší nároky na přesnost práce,
- životnost,
- nižší citlivost na vodu,
- difúze vodních par,
- požární ochrana,
- tradiční a prověřený materiál.

5.4. Nevýhody zděných staveb:

- náročné na přemísťování stavebního materiálu,
- vyšší celková cena,
- mokrá stavební proces,
- pracná technologie zdění,
- delší doba výstavby (s ohledem na technologické lhůty)
- vymrznutí a s tím spojená delší doba výstavby,
- déle po zatopení se vyhřívá,
- silné zdivo ubírá metry obyvatelné ploše,
- neobnovitelný zdroj,
- neekologický materiál. [17] [19]

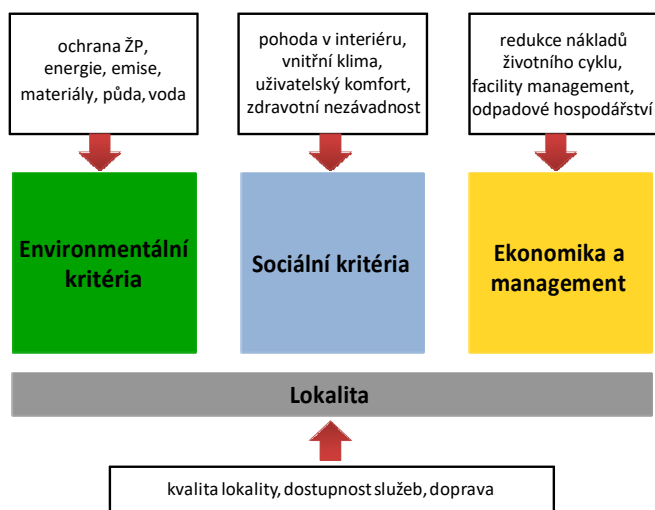
6. Hodnocení kvality budov

Pro hodnocení komplexní kvality budov, kdy se posuzují vlastnosti budovy a okolí ve vazbě na udržitelný rozvoj jsou důležité tyto aspekty:

- vliv budovy na životní prostředí,
- sociálně kulturní aspekty,
- funkční a technickou kvalitu,
- ekonomiku a management,
- lokalitu, ve které je budova postavena.

Tyto kritéria hodnotí už ve fázi návrhu budov národní certifikační systém pro certifikaci budov metodikou SBToolCZ. Cílem tohoto systému je, aby byly budovy šetrné k životnímu prostředí, aby poskytovaly zdravé a kvalitní vnitřní prostředí a měly ekonomicky výhodný provoz. [20]

Kritéria hodnocení:

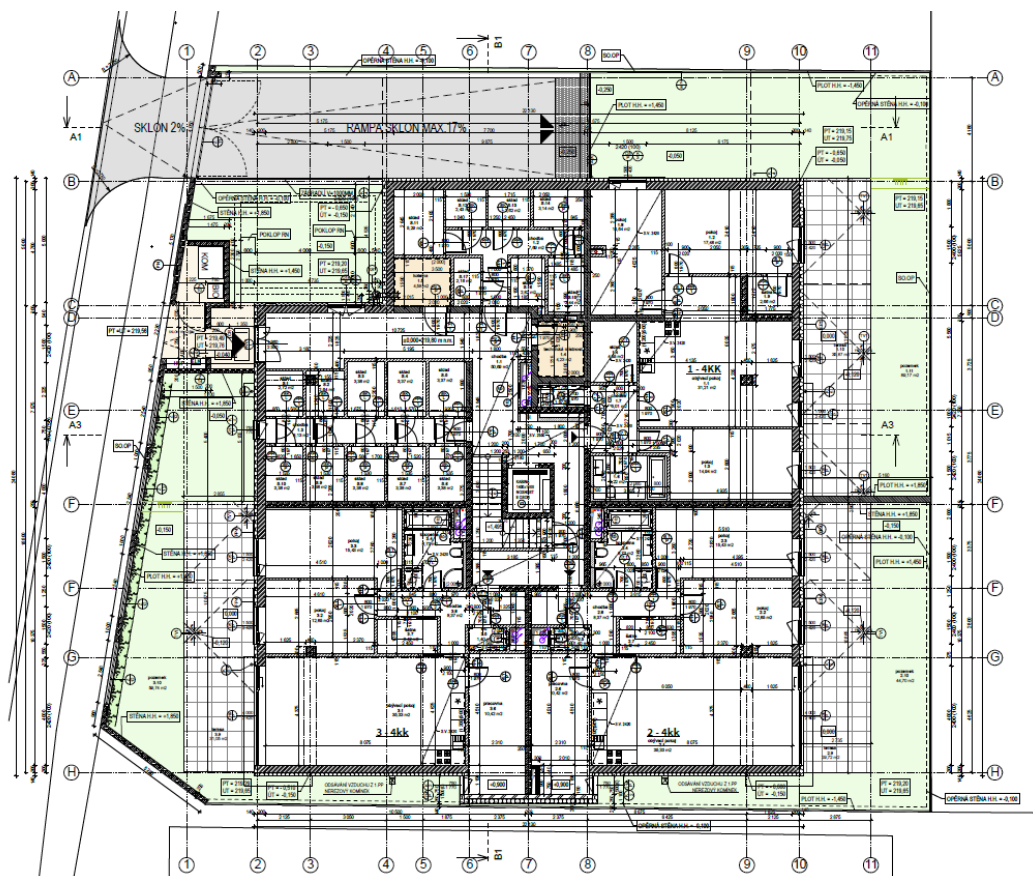


Obr.8: Základní oblasti hodnocení [20]

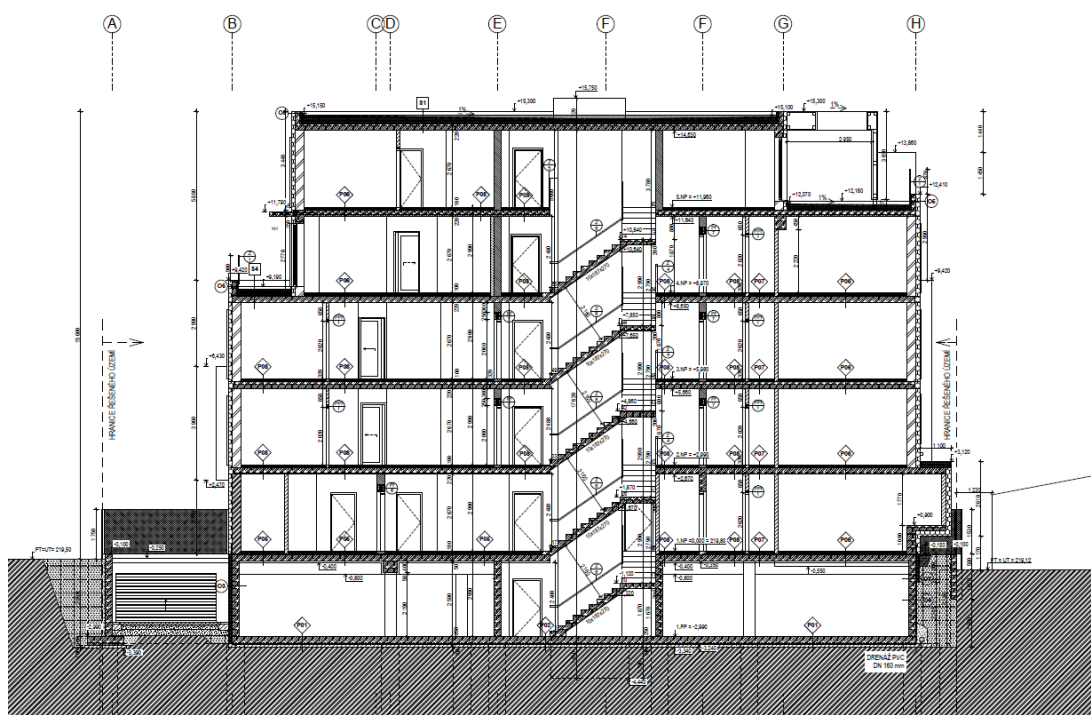
7. Popis objektu

Objektem této bakalářské práce je pětipodlažní bytový dům stojící v Olomouci na ulici Dvořákova. Nosná konstrukce budovy je navržena jako zděná stěnová s monolitickými železobetonovými stropy a sloupy. Dům je podsklepený a má jednoplášťovou plochou střechu. Suterén slouží jako parkovací plocha. Obvodová konstrukce suterénu je navržena z vodostavebních železobetonových stěn, které jsou doplněny nosnými sloupy. Součástí objektu je výtahová šachta, která je konstruována ze železobetonu. Konstrukčně se jedná o kombinaci skeletu, který tvoří suterén, a stěnového systému v dalších podlažích.

Cílem této práce je porovnání nákladů provozní a likvidační fáze životního cyklu u stávající konstrukce a námi navržené dřevostavby. Nahradily jsme tedy následující konstrukce: obvodové stěny, vnitřní nosné stěny, příčky, stropní konstrukce a střešní konstrukci.



Obr. 9: Půdorys 1.NP podkladového projektu zděné stavby [21]

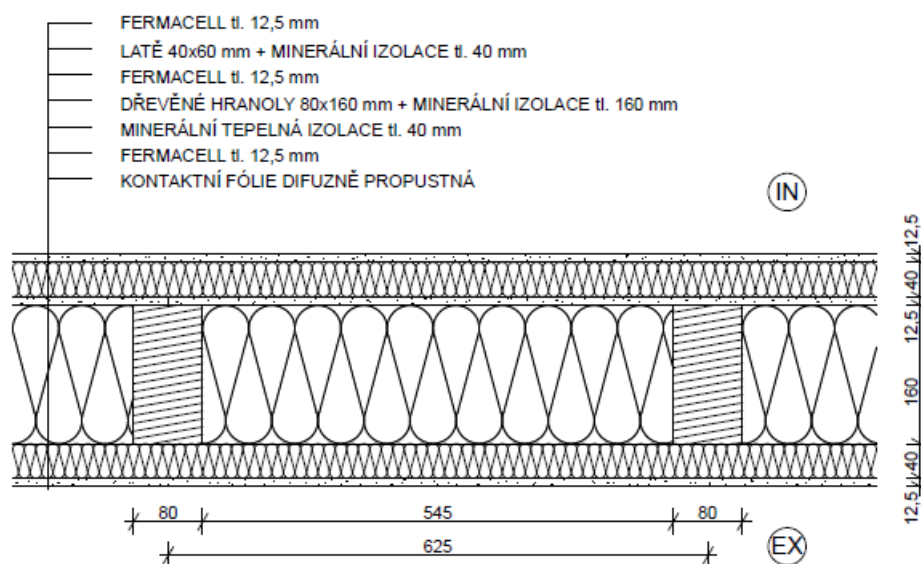


Obr. 10: Řez objektem podkladového projektu zděné stavby [21]

7.1. Obvodové stěny

Obvodové stěny tvořeny keramickými tvárnicemi Porotherm 30 P+D o tloušťce 300 mm. Jsou zatepleny kontaktním zateplovacím systémem z polystyrenu EPS 70F tloušťky 140 mm včetně základní vrstvy vyztužené armovací tkaninou. V exteriéru je skladba zakončena silikon silikátovou fasádní omítkou. V interiéru je povrchová úprava navržena jako strojně nanášená hladká sádrová omítko o tloušťce 15 mm. Celková tloušťka konstrukce je 470 mm.

Tato konstrukce byla nahrazena konstrukcí dřevostavby. Hlavní nosnou konstrukci obvodové stěny dřevostavby mají dřevěné hranoly o rozměru 80x160 mm. Prostor mezi hranoly je vyplněn minerální izolací o tloušťce 160 mm. Ze strany interiéru je ke konstrukci mechanicky kotvená sádrovláknitá deska fermacell 12,5 mm, která tvoří vzduchotěsnou rovinu konstrukce a k ní jsou vodorovně připevněny dřevěné latě o rozměru 40x60 mm. Mezery mezi nimi jsou vyplněny minerální izolací o tloušťce 40 mm. Konstrukci ze strany interiéru uzavírá sádrovláknitá deska fermacell o tloušťce 12,5 mm. Ze strany exteriéru jsou dřevěné latě o rozměru 40x60 mm doplněné minerální izolací tloušťky 40 mm. Celá konstrukce je uzavřena sádrovláknitou deskou fermacell 12,5 mm a kontaktní difuzně propustnou fólií. Fasádu mohou tvořit například zavěšené provětrávané fasády. Tloušťka konstrukce bez zavěšené provětrávané fasády je 240 mm.

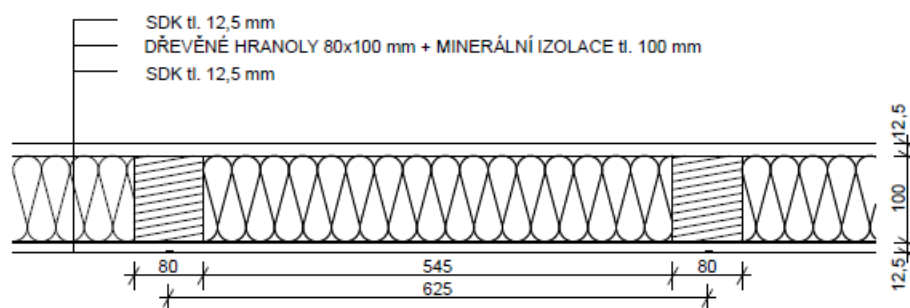


Obr. 11: Řez obvodovou stěnou dřevostavby [22]

7.2. Vnitřní nosné stěny

Vnitřní nosné stěny jsou tvořeny keramickými tvárnicemi Porotherm 25 AKU SYM o tloušťce 250 mm. Z obou je povrchová úprava navržena jako strojně nanášená hladká sádrová omítka o tloušťce 15 mm a následuje dvojnásobná malba. Celková tloušťka konstrukce je 280 mm.

Tato konstrukce byla nahrazena konstrukcí dřevostavby. Hlavní nosnou konstrukci vnitřní nosné stěny plní dřevěné hranoly o rozměru 80x100 mm. Mezery mezi hranoly jsou vyplněny minerální izolací tloušťky 100 mm. Konstrukce stěny je z obou stran uzavřena sádrokartonovými deskami tloušťky 12,5 mm. Celková tloušťka konstrukce je 125 mm.

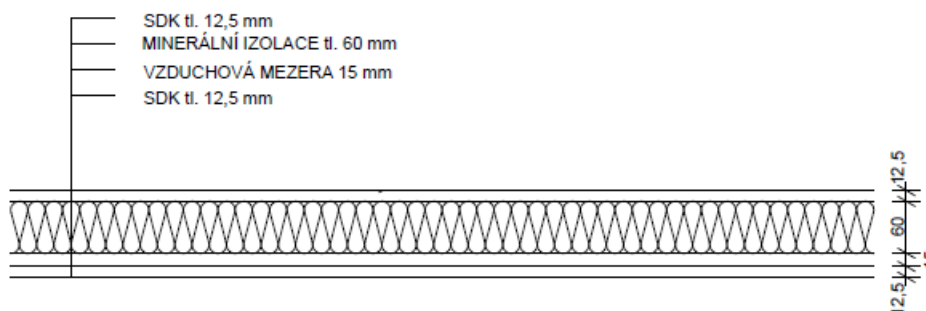


Obr. 12: Řez vnitřní nosnou stěnou dřevostavby [22]

7.3. Příčky

Vnitřní příčky jsou z keramických tvárnic Porotherm 11,5. Povrchová úprava příček je řešena strojně nanášenou sádrovou omítkou a následnou dvojnásobnou malbou. Celková tloušťka konstrukce je 150 mm.

Příčky dřevostavby jsou řešeny systémem SDK. Stěna se skládá ze dvou sádrokartonových desek o tloušťkách 12,5 mm, které jsou osazené do hliníkových profilů CW a UW 75. Mezi sádrokartonovými deskami je minerální akustická izolace tloušťky 60 mm a 15 mm vzduchové mezery. Povrchová úprava příček je řešena dvojnásobnou malbou. Celková tloušťka konstrukce je 100 mm.

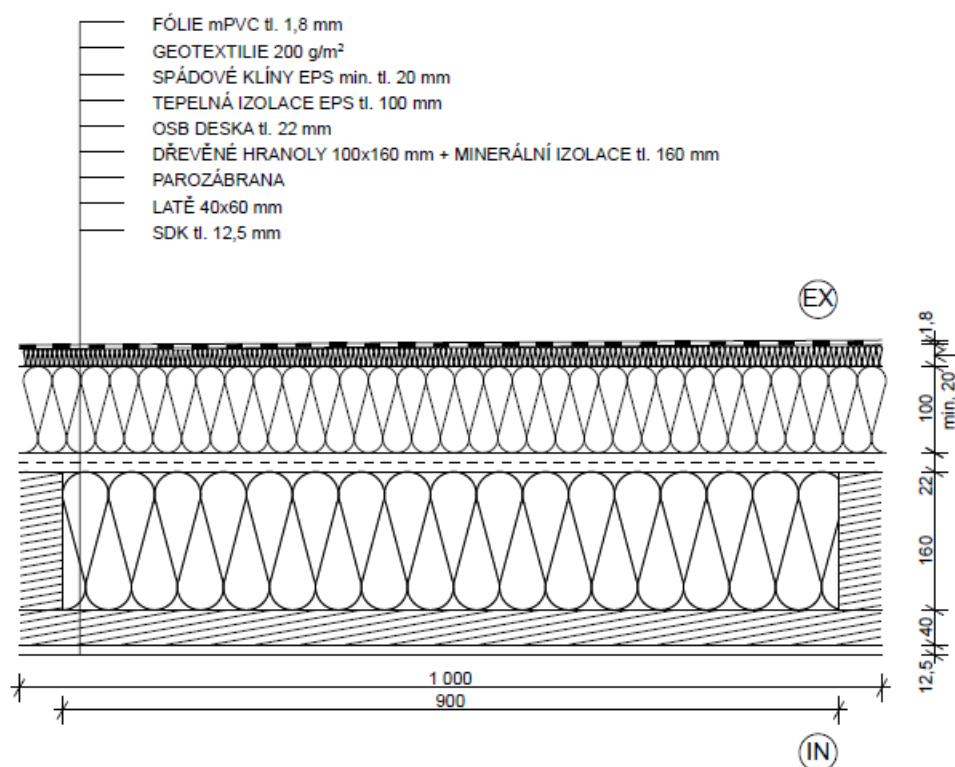


Obr. 13: Řez příčkou dřevostavby [22]

7.4. Střešní konstrukce

Střecha bytového domu je řešena jako plochá jednoplášťová. Tloušťky tepelných izolací byly voleny podle doporučení ČSN 73 0540-2. Nosná konstrukce je tvořena stropní železobetonovou deskou. Tepelná izolace je položena na parozábraně a skládá se ze 180 mm vrstvy EPS a spádových klínů v minimální tloušťce 20 mm. Hydroizolaci střech tvoří souvrství izolace na bázi PVC. Vrchní ochrannou vrstvu tl. 100 mm je nasypáný kačírek frakce 16/32. Hydroizolace PVC je přetažena i na atiky a slouží jako povrchová vrstva atiky. Minimální tloušťka konstrukce je 550 mm.

Tato konstrukce byla nahrazena konstrukcí dřevostavby. Střešní konstrukce je stejně jako u zděné stavby řešena jako plochá jednoplášťová. Nosnou konstrukci střechy plní dřevěné hranoly o rozměrech 100x160 mm, mezery mezi hranoly jsou vyplněny minerální izolací o tloušťce 160 mm. Ze spodní strany konstrukce jsou mechanicky kotvené kontralatě 40x60 mm překryté sádrokartonovou deskou 12,5 mm. Z horní strany nosné konstrukce je OSB deska o tloušťce 22 mm. Na OSB desku se nalepí tepelná izolace EPS 150 tloušťky 100 mm a na ní spádové klíny minimální tloušťky 20 mm. Na izolaci se položí geotextilie. Poté se pomocí hmoždinek ukotví střešní hydroizolační PVC fólie tloušťky 1,8 mm. Minimální tloušťka konstrukce je 360 mm.

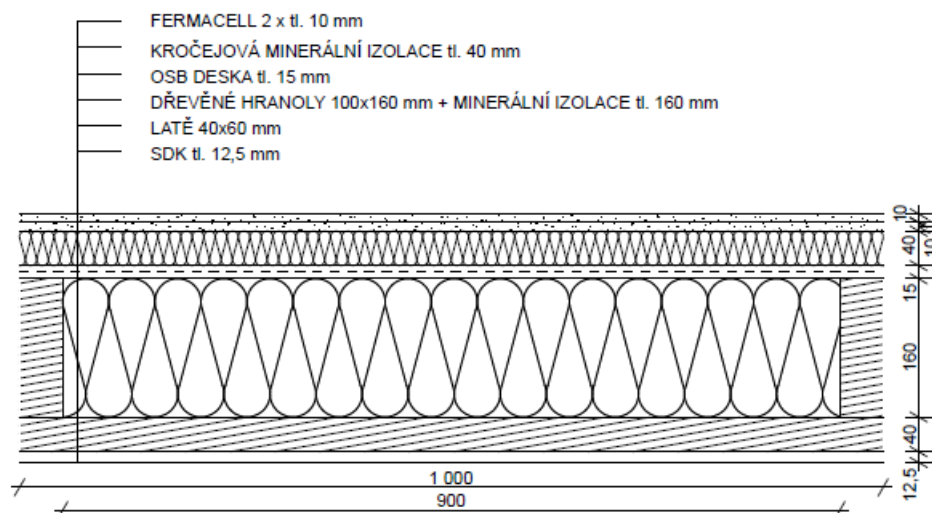


Obr. 14: Řez střešní konstrukcí dřevostavby [22]

7.5. Stropní konstrukce

Všechny stropní konstrukce jsou navrženy jako monolitické železobetonové o tloušťce 250 mm. Všechny stropní desky splňují rozměrové tolerance dle normy ČSN EN 13670-1 toleranční třída 1. Desky jsou vyztuženy vázanou výztuží z oceli B500B doplněnou při horním povrchu v poli o Kari sítě. Ze spodní strany je 50 mm tepelné izolace. Z horní strany je kročejová izolace o tloušťce 40 mm, PE separační fólie a anhydritový potěr tloušťky 50 mm. Celková tloušťka konstrukce je 390 mm.

Tato konstrukce byla nahrazena konstrukcí dřevostavby. Hlavní nosnou konstrukcí stropu mají dřevěné hranoly o rozměrech 100x160 mm. Mezery mezi hranoly jsou vyplněny minerální izolací o tloušťce 160 mm. Ze spodní strany jsou mechanicky kotvené kontralatě o rozměrech 40x60 mm a na nich sádrokartonová deska o tloušťce 12,5 mm. Z horní strany je deska tloušťky 15 mm, na ní je položena kročejová izolace o tloušťce 40 mm. Na kročejové izolaci jsou dvě sádrovláknité desky Fermacell o tloušťkách 10 mm. Celková tloušťka konstrukce je 290 mm.



Obr. 15: Řez stropní konstrukcí dřevostavby [22]

8. Tepelně technické vlastnosti

Z hlediska dodržení ČSN EN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov je nutné posoudit, zda navržené konstrukce vyhoví této normě. V rámci této práce bude zhodnocen součinitel prostupu tepla pro obvodové stěny, podlahu nad garáží a stropní konstrukci jak u původní zděné stavby, tak u dřevostavby.

8.1. Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla se hodnotí pro jednotlivé konstrukce dle výše zmíněné normy.

Tepelný odpor vrstvy R [$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$] - tepelněizolační vlastnost vrstvy materiálu dané tloušťky

$$R = d/\lambda$$

d – tloušťka dané vrstvy v konstrukci [m]

λ - součinitel tepelné vodivosti [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]

Odpor konstrukce při prostupu tepla R_T [$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$] - úhrnný tepelný odpor bránící výměně tepla mezi prostředními oddělenými od sebe stavební konstrukcí

$$R_T = R_{si} + \Sigma R + R_{se}$$

R_{si} - odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$]

ΣR - součet tepelných odporů jednotlivých vrstev konstrukce [$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$]

R_{se} - odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $[(m^2 \cdot K)/W]$

Součinitel prostupu tepla U $[W/(m^2 \cdot K)]$ - vlastnost hodnotící vliv celé konstrukce a k ní přilehlých vzduchových vrstev na šíření tepla prostupem. Zahrnuje vliv všech tepelných mostů včetně vlivu prostupujících hmoždinek a kotev, které jsou součástí konstrukce.

$$U = 1/(R_{si} + \sum R + R_{se}) = 1/R_T$$

Konstrukce musí splňovat podmínku

$$U \leq U_N$$

U_N – normová hodnota součinitele prostupu tepla $[W/(m^2 \cdot K)]$. [23]

Tabulka 3 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převážující návrhovou vnitřní teplotou θ_{in} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁵⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4

Tab. 1: Hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN [24]

Výpočet součinitele prostupu tepla:

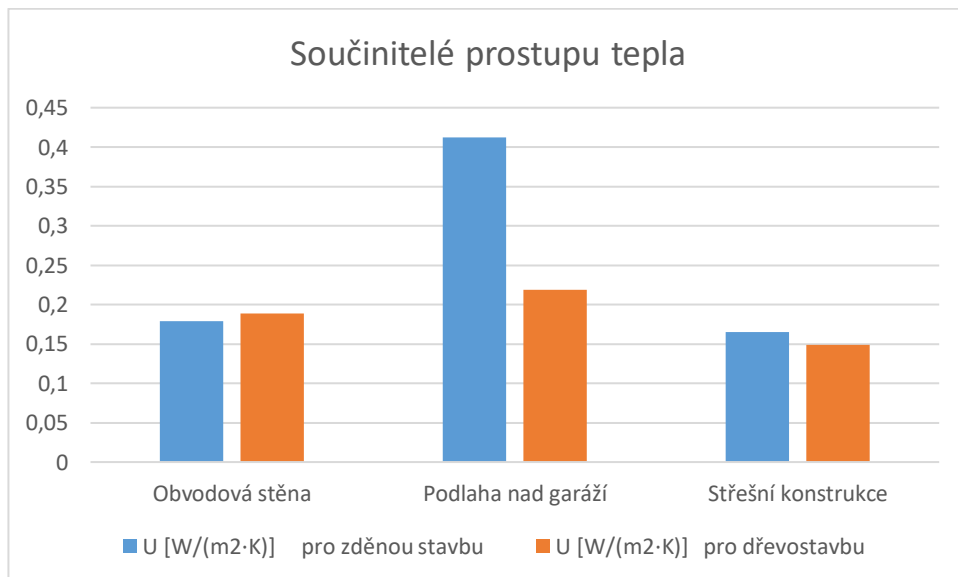
Pro výpočet součinitelů prostupu tepla byl použit program Teplo. Tento program posuzuje skladby stavebních konstrukcí z hlediska šíření tepla a vodní páry. Program stanovuje součinitel prostupu tepla, tepelný odpor, nejnižší vnitřní povrchovou teplotu, teplotní faktor, pokles dotykové teploty a roční bilanci zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 6946, EN ISO 13788, ČSN 730540 a STN 730540.

Do programu zadáme skladbu konstrukce, okrajové podmínky a doplňující parametry výpočtu. Poté provedeme výpočet.

Vyhodnocení výstupů z programu Teplo 2014:

Součinitel prostupu tepla					
	U [W/(m ² ·K)] pro zděnou stavbu	U [W/(m ² ·K)] pro dřevostavbu	$U_{N,20}$ [W/(m ² ·K)] požadované hodnoty	$U_{rec,20}$ [W/(m ² ·K)] doporučené hodnoty	$U_{pas,20}$ [W/(m ² ·K)] doporučené hodnoty pro pasivní domy
Obvodová stěna	0,179	0,189	0,3	těžká: 0,25 lehká: 0,2	0,18 až 0,12
Podlaha nad garáží	0,412	0,219	0,6	0,4	0,3 až 0,2
Střešní konstrukce	0,165	0,149	0,24	0,16	0,15 až 0,1

Tab. 2: Hodnoty součinitele prostupu tepla [34]



Graf. 2: Porovnání součinitelů prostupu tepla [34]

Všechny konstrukce vyhoví na požadované hodnoty U_N . Všechny konstrukce dřevostavby vyhoví na doporučené hodnoty. Obvodová stěna zděné stavby taktéž vyhoví na doporučené hodnoty.

Vzhledem k tomu, že hodnoty součinitelů prostupů tepla vyšly téměř stejně, náklady na vytápění by měly být srovnatelné pro dřevostavbu, i pro zděnou stavbu.

Energetický štítek obálky budovy dle ČSN 73 0540 poskytuje informaci o kvalitě obálky budovy (nebo její definované vytápěné části) z hlediska tepelné izolace. Podobně jako u průkazů energetické náročnosti budov je hodnocený objekt zaříděn do jedné ze tříd A až G na základě výsledné hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla označované U_{em} [$W/(m^2 \cdot K)$]. Jde o nejzákladnější zhodnocení ochlazovaných konstrukcí na systémové hranici budovy. Čím je hodnota průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} nižší, tím lépe je budova tepelně izolována a bude v provozu spotřebovávat méně energie, čímž lze dosáhnout snížení provozních nákladů. [25]

Z technické zprávy víme, že budova zděné stavby byla zaříděna do třídy B. Vzhledem k tomu, že konstrukce byly navrženy na téměř stejné součinitele prostupu tepla, dá se říci, že i dřevostavbu můžeme také zařadit do třídy B.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Typ budovy, místní označení Adresa budovy				Hodnocení obálky budovy		
Celková podlahová plocha $A_e = \text{_____ m}^2$				stávající	doporučení	
<i>C/</i>	Velmi úsporná					
0,5	A					
	B					
0,75	C					
1,0	D					
1,5	E					
2,0	F					
2,5	G	Mimořádně ne hospodárná				
KLASIFIKACE						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $W/(m^2 \cdot K)$ $U_{em} = H_T/A$						
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ ve $W/(m^2 \cdot K)$						
Klasifikační ukazatele <i>C/</i> a jim odpovídající hodnoty U_{em}						
<i>C/</i>	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}						
Platnost štítku do			Datum			
			Jméno a příjmení			

Obr. 16: Energetický štítek obálky budovy [25]

9. Stupeň energetické náročnosti

Abychom měli co nejmenší náklady při užívání objektu, je důležité mít příznivé energetické vlastnosti budovy.

Faktory ovlivňující tyto vlastnosti jsou:

- volba pozemku a osazení na něm,
- orientace objektu ke světovým stranám (kvůli dopadu přímého slunečního záření a zastínění budovy),
- tvarové řešení budovy (poměr mezi ochlazovanou plochou obálky a vytápěným objemem),
- vyloučení, popř. omezení koncepčních příčin tepelných mostů v konstrukcích a výrazných tepelných vazeb mezi konstrukcemi,
- vnitřní uspořádání s ohledem na soulad vytápěcích režimů, tepelných zón a orientaci prostorů ke světovým stranám,
- velikost vytápěných a nepřímo vytápěných podlahových ploch (objemů) a jejich přiměřenost danému účelu,
- velikost prosklených ploch na jednotlivých fasádách,
- očekávané vnitřní tepelné zisky podle charakteru provozu,
- další místní souvislosti. [13]

10. Akustické vlastnosti

Kritérium akustického komfortu hodnotí jednotlivé byty bytového domu a akustické vlastnosti jednotlivých konstrukcí bytu podle ČSN 73 0532 (2010). Hodnocení podléhají bytové dělicí konstrukce, mezi bytové dělicí konstrukce (stěny a stropy). U stěn je posuzována vážená vzduchová neprůzvučnost a vážená stavební hladina akustického tlaku.

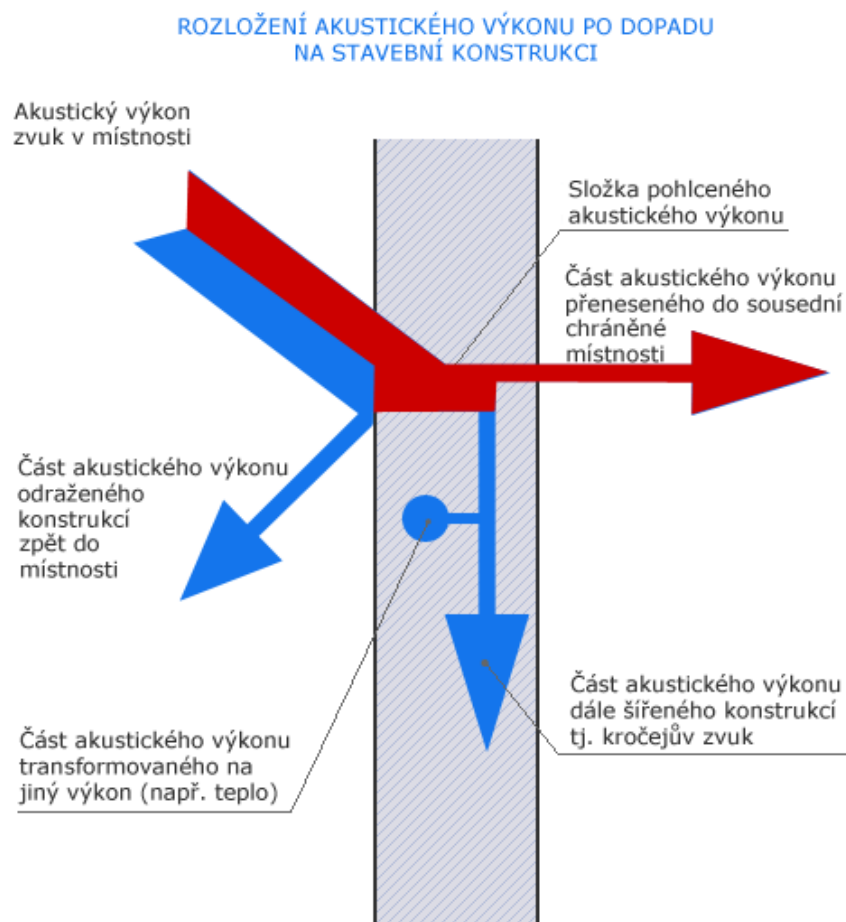
Vzduchová neprůzvučnost je schopnost vodorovné i svislé konstrukce (stěny i podlahy) zachytit nebo přenést hluk, který se šíří vzduchem (zvuk jako je mluvené slovo, zvuk z TV, radia atd). [26]

Požadavky na vzduchovou neprůzvučnost mezi místnostmi a obvodových plášťů budov stanovuje ČSN 73 0532.

Platí:

$$R'w \geq R'w, \text{pož}$$

$R'w$ = vážená stavební neprůzvučnost, její veličina je udávána v jednotkách intenzity zvuku, v dB [27]



Obr. 17: Rozložení akustického výkonu po dopadu na stavební konstrukci [26]

Hodnoty v následující tabulce byly zjištěny z technických listů konstrukcí. U dřevostavby byly hodnoty převzaty od firmy Rigips, jelikož jsme se při tvorbě skladeb stěn a příček inspirovaly jejich skladbami.

Porovnání vzduchové neprůzvučnosti konstrukcí:

Vzduchová neprůzvučnost		
	RW [dB] zděná stavba	RW [dB] dřevostavba
příčka	min. 43	41 až 43
vnitřní nosná stěna	57	47

Tab. 3: Vzduchová neprůzvučnost konstrukcí [34]

Akustické vlastnosti vychází lépe pro zděnou stavbu. Pro příčku je vzduchová neprůzvučnost minimálně 43 dB a pro dřevostavbu 41 až 43 dB. U vnitřní nosné stěny vychází vzduchová neprůzvučnost 57 dB pro zděnou stavbu a pouze 47 dB pro dřevostavbu.

Skupina		Chráněný prostor (příjemci)			
Položka	Hlučný prostor	Požadavky na zvukovou izolaci			
		mezi místnostmi		dveří	
		$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB ve směru		$L'_{n,w}$ [dB]	R_w [dB]
		horizontálním	vertikálním		
A.		Bytové domy (kromě rodinných domů) - nejméně jedna obytná místnost bytu o 3 a více obytných místnostech			
1	Všechny ostatní místnosti téhož bytu, pokud nejsou funkční součástí chráněného prostoru	42	42	68	-
POZNÁMKA: Za funkční součást chráněného prostoru se používají prostory sousedící s tímto chráněným prostorem, které s ním funkčně souvisejí, například přístupová chodba nebo předstíň, koupelna nebo šatna určená pouze pro obsluhu dané obytné místnosti.					
B.		Bytové domy - Obytné místnosti bytu			
2	Všechny místnosti druhých bytů	52	52	58	-
3	Společné prostory domu (schodiště, vestibuly, chodby, terasy)	52	52	58	32**
4	Společné uzavřené prostory domu (např. půdy, sklepy)	47	47	63	-
5	Průchody, podchody	52	52	53	32**
6	Průjezdy, podjezdy, garáže	57	57	48	-
7	Provozovny a hlukem $L_{a,max} < 85$ dB s provozem nejvýše do 22:00h	57	57	53	-
8	Provozovny a hlukem $L_{a,max} < 85$ dB s provozem i po 22:00h	62	62	48	-
9	Provozovny s hlukem $85 \text{ dB} < L_{a,max} < 95$ dB s provozem i po 22:00h	-	72	38	-

Tab.4: Požadavky na výše uvedené konstrukce – ČSN 73 0532 [28]

11. Požární odolnost konstrukcí

Požární odolnost je doba, po kterou jsou stavební konstrukce nebo požární uzávěry schopny odolávat teplotám vznikajícím při požáru, aniž by došlo k porušení jejich funkce.

U dřevostavby se lidé obvykle obávají jejich požární odolnosti. Dříve byly dřevostavby méně požárně odolné. Avšak moderní materiály, systémy stavebních konstrukcí a také řešení bezpečnosti staví dřevostavby v oblasti požární odolnosti do mnohem lepší pozice, než kdy byly před tím. Pro splnění požadavků na požární odolnost, musejí být správně navrženy stavební součásti a konstrukce dřevostavby. Dalším důležitým a hodnotícím faktorem pro třídu odolnosti dřevostavby, je správný výběr materiálů, které podpoří požární odolnost dřevostavby. Důležité je také zajistit rychlý a bezpečný ústup lidí v případě požáru z objektu. Tedy zajištění únikových cest. Dále také omezení rozšíření požáru na okolní blízko stojící stavby atd. Velmi důležitým faktorem při požární odolnosti dřevostavby jsou hodnoty únosnosti stavebních konstrukcí, kterých se požární odolnost týká nejvíce. Tato požární odolnost je hodnocena v časové linii, což znamená, kolik minut

stavba vydrží stabilní pro odchod lidí a případnou asistenci záchranných složek. O úroveň zajištění požární bezpečnosti stavby se starají normy požární klasifikace stavebních výrobků a stavebních konstrukcí, zejména pak reakce na oheň, norma ČSN EN 13501-1 a norma ČSN 730810, která stanovuje požadavky na požární odolnosti stavebních konstrukcí. Normy určují stupně třídy požární odolnosti materiálů pro stavbu, třídu reakce na oheň a také požární odolnosti pro stavební konstrukce a jejich části. Norma určuje klasifikace požární odolnosti a každý výrobek tuto klasifikaci musí mít v technickém listu, nebo certifikátu, případně v prohlášení o shodě. [29]

Třídy reakce na oheň se stupněm hořlavosti stavebních hmot:

Tabulka 1: Převodní tabulka pro srovnání tříd reakce na oheň se stupněm hořlavosti stavebních hmot podle dnes již neplatné ČSN 730823.

třída reakce na oheň dle ČSN EN 13501-1	Stupeň hořlavosti dle ČSN 730823	Definice stupňů hořlavosti dle ČSN 730823
A1, A2	A	nehořlavé (nežhnou ani neuhelnatí)
B	B	nesnadno hořlavé (převážně žhnou nebo uhelnatí)
C	C1	těžce hořlavé (zapálí se a pozvolna koří, po odstavení kahanu samovolně uhasnou do 2 minut)
D	C2	středně hořlavé (hoří, po odstavení kahanu samovolně uhasnou do 5 minut)
E, F	C3	lehce hořlavé (rychle hoří, zpravidla zcela shoří před uplynutím 10 min., po odstavení kahanu samovolně hoří déle než 5 min.)

Tab. 5: Srovnání tříd reakce na oheň se stupněm hořlavosti stavebních hmot [29]

..

Pro porovnání požárních odolností jednotlivých konstrukcí byly použity hodnoty stanovené výrobcem v technických listech produktů. Požární odolnosti materiálů byly porovnány pro konstrukci obvodové stěny, vnitřní nosné stěny, stropní konstrukce, střešní konstrukce a příčky.

Porovnání tříd reakcí na oheň u materiálů obvodových stěn:

Porovnání materiálů obvodových stěn			
Zděná stavba - obvodová stěna		Dřevostavba - obvodová stěna	
Typ materiálu	Třída reakce na oheň	Typ materiálu	Třída reakce na oheň
Tvárnice Porotherm	A1	Smrkové dřevo	C2
Polystyren	E	Minerální izolace Isover UNI	A1
		Sádrovláknité desky Fermacell	A2

Tab. 6: Reakce materiálů na oheň obvodových stěn zděné stavby a dřevostavby [34]

Skladba obvodové stěny zděné stavby je tvořena keramickými tvárnicemi Porotherm, které jsou nehořlavé. Další vrstvou této skladby je tepelná izolace EPS, která je zařazena do třídy E, což znamená, že je schopna odolávat působení plamene po krátký časový interval bez významného rozšíření plamene.

Skladba obvodové stěny dřevostavby (viz. Obr. 11) se skládá ze smrkového dřeva, které má třídu reakce na oheň C2, což znamená, že sice omezeně, avšak postřehnutelně přispívá k vývinu požáru. Dále je skladba tvořena minerální izolací Isover UNI, která je nehořlavá a sádrovláknitými deskami Fermacell, které jsou téměř nehořlavé.

Porovnání tříd reakcí na oheň u materiálů vnitřních nosných stěn:

Skladby vnitřních nosných stěn jsou velmi podobné obvodovým stěnám (viz. Obr. 12), budou tedy i třídy reakcí na oheň srovnatelné.

Porovnání tříd reakcí na oheň u materiálů stropních konstrukcí:

Zděná stavba - stropní konstrukce		Dřevostavba - stropní konstrukce	
Typ materiálu	Třída reakce na oheň	Typ materiálu	Třída reakce na oheň
Tepelná izolace multipor	A1	SDK	B
Beton	A1	Smrkové dřevo	C2
Kročejová izolace Isover RigiFloor	E	Minerální izolace Isover UNI	A1
Anhydritový potěr weber.floor	A1	OSB	D
		Minerální izolace Isover T-N	A1
		Sádrovláknité desky Fermacell	A2

Tab. 7: Reakce materiálů na oheň stropních konstrukcí zděné stavby a dřevostavby [34]

Skladba stropní konstrukce dřevostavby se skládá z tepelné izolace, která je nehořlavá, stejně jako další část této konstrukce, kterou je beton. Kročejová izolace byla zařazena do třídy E, což znamená, že značně přispívá k vývinu požáru. Anhydritový potěr je, stejně jako tepelná izolace a beton, nehořlavý.

Skladba stropní konstrukce dřevostavby (viz. Obr. 15) sestává ze sádrokartonových desek, které mají třídu B, což znamená, že velmi omezeně přispívají k vývinu požáru. Dále ze smrkového dřeva, jehož třída reakce na oheň je C2, což znamená, že omezeně, avšak postřehnutelně přispívá k vývinu požáru. Minerální izolace je nehořlavá. OSB desky podstatně přispívají k vývinu požáru, mají třídu D. Další vrstva nehořlavé minerální izolace a sádrovláknité desky Fermacell, které jsou téměř nehořlavé.

Při použití správných materiálů mohou být stropní konstrukce z hlediska požárních odolností srovnatelné.

Porovnání tříd reakcí na oheň u materiálů střešních konstrukcí:

Skladba střešní konstrukce dřevostavby (viz. Obr. 14) je ze spodní strany stejná, jako skladba stropní konstrukce. Na horní straně je na OSB desce tepelná izolace, kterou začíná konstrukce střechy.

Střešní konstrukce zděné stavby je řešená podobně jako strop zděné stavby. Z hlediska reakce na oheň bude střešní konstrukce srovnatelná se stropní konstrukcí.

Střecha dřevostavby je zakončena mPVC, které je nehořlavé. Zakončení střešní konstrukce dřevostavby je taktéž PVC, na kterém je ale ještě kačírek.

Střešní konstrukce dřevostavby i zděné stavby vykazují poměrně dobré protipožární vlastnosti.

Porovnání požárních odolností příček:

Zděná stavba - příčka		Dřevostavba - příčka	
Typ materiálu	Požární odolnost	Typ materiálu	Požární odolnost
Tvárnice Porotherm 11	EI 120	SDK příčka CW75	EI 60

Tab. 8: Požární odolnosti příček zděné stavby a dřevostavby [34]

Požární odolnosti příček byly zjištěny v technologických listech od výrobců. Sádrokartonová příčka má menší požární odolnost než keramické tvárnice Porotherm. Je možnost použití SDK příčky, se stejnými vlastnostmi. Cena by ovšem byla výrazně vyšší. Záleží tedy na tom, kde v objektu tato příčka bude a jaké budou její požadavky na požární odolnost.

12. Životnost

Životnost stavby můžeme rozumět jako dobu, po kterou je stavba schopna plnit své funkce, a to do té chvíle, kdy potřebný rozsah oprav a údržby činí další užívání stavby ekonomicky neúnosné. [17]

U stavebních objektů rozeznáváme tyto druhy životnosti:

- **technická životnost** – doba od vzniku stavby do jejího zchátrání a technického zániku za předpokladu běžné údržby. Většinou převyšuje ekonomickou životnost;
- **ekonomická životnost** – doba od vzniku stavby do okamžiku ztráty ekonomické užitečnosti a smysluplnosti,
- **morální životnost** – doba od vzniku stavby do okamžiku zastarání stavby
- **právní životnost** – doba od kolaudačního souhlasu do okamžiku rozhodnutí (povolení o odstranění stavby). [30]

U dřevostaveb je z hlediska životnosti klíčové dodržení zásadních podmínek, jako třeba optimální vyschnutí a dobré ošetření materiálu. Při

dodržení správného postupu mohou mít dřevostavby srovnatelnou životnost, jako stavby zděné. [31]

13. Ekologie

Dřevo představuje z environmentálního hlediska přírodní, obnovitelný zdroj s velkým potenciálem. Rozvlákněná dřevní hmota se dnes využívá na výrobu tepelných a akustických izolací ve formě desek nebo rohoží. Jde o průmyslové výrobky s garantovanými fyzikálními, i technologickými vlastnostmi. Další výhodou je podstatně menší spotřeba energie na pořízení stavby. [33]

Keramické prvky používané pro stavbu zděných domů prochází technologickým procesem vypalování v pecích. Při transportu je velká zátěž na nápravu dopravního prostředku, což znamená vyšší spotřeba pohonných hmot při výstavbě. Při demolici objektu vzniká o dost více nezpracovatelného odpadu než u dřevostavby.

Pro konstrukci dřevostaveb jsou také využívány materiály, které obsahují jinak neupotřebitelné zbytky dřevní hmoty. Jedná se například o dřevotřískové desky a desky z orientovaných třísek.

Dřevostavby můžeme určitě považovat za ekologicky šetrnější výrobky než stavby zděné z klasických materiálů. [32]

Environmentální kvalita stavebních materiálů zahrnuje kromě primárních požadavků na ekologickou a zdravotní nezávadnost také kvalitu z hlediska snížení energetických nároků spojených s materiálem nebo konstrukcí po celou dobu jejich životnosti. Tento ukazatel je zahrnut v tzv. „svázaných“ parametrech stavebních konstrukcí, z nichž jsou pro environmentální hodnocení nejčastěji využívány především:

- svázané emise CO₂ [gCO₂/kg] jako faktor globální environmentální zátěže,
- svázané emise SO₂ [gSO₂/kg] jako regionální environmentální zátěž,
- svázaná energie E [MJ/kg] jako přímé energetické nároky spojené s výrobou materiálů,
- celková hmotnost konstrukcí [t] zahrnující sekundárně náročnost dopravy.

Konstrukční návrh by měl mít tyto principy:

- využití obnovitelných zdrojů, environmentálně efektivních a recyklovaných materiálů,

- prefabrikace podporující rychlost výstavby, omezující technologické nedostatky na stavbě a negativní vliv procesu výstavby na okolí (prašnost, vibrace),
- konstrukční řešení umožňující variabilitu s ohledem na možné budoucí změny vnitřního uspořádání i technického řešení objektu,
- používání konstrukčních prvků, principů jejich skladby, spojů a styků, tak aby byla možná snadná demontáž, demolice a recyklovatelnost,
- sladění životnosti jednotlivých konstrukčních prvků tak, aby nižší životnost jednotlivých částí nepodmiňovala výměnu prvků s vyšší životností, snadná údržba. [33]

14. Porovnání náročnosti výstavby a demolice

Ve stavebním softwaru KROS 4 byly naceněny jednotlivé konstrukce na 1 m². Byly ohodnoceny náklady na novou konstrukci a na demolici.

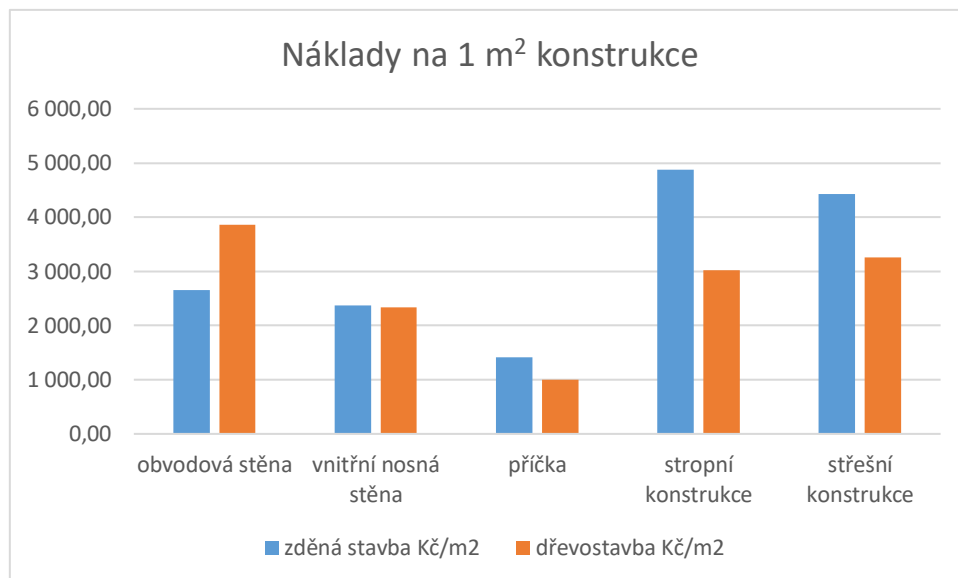
14.1. Náklady na výstavbu

V následující tabulce jsou porovnány náklady na výstavbu konstrukce v Kč/m² pro dřevostavbu a zděnou stavbu. Hodnoty vychází z výstupů ze softwaru KROS 4, které jsou v příloze. Tyto hodnoty jsou stanoveny pro případ realizace přímo na staveništi.

Porovnání nákladů na výstavbu 1 m² konstrukce:

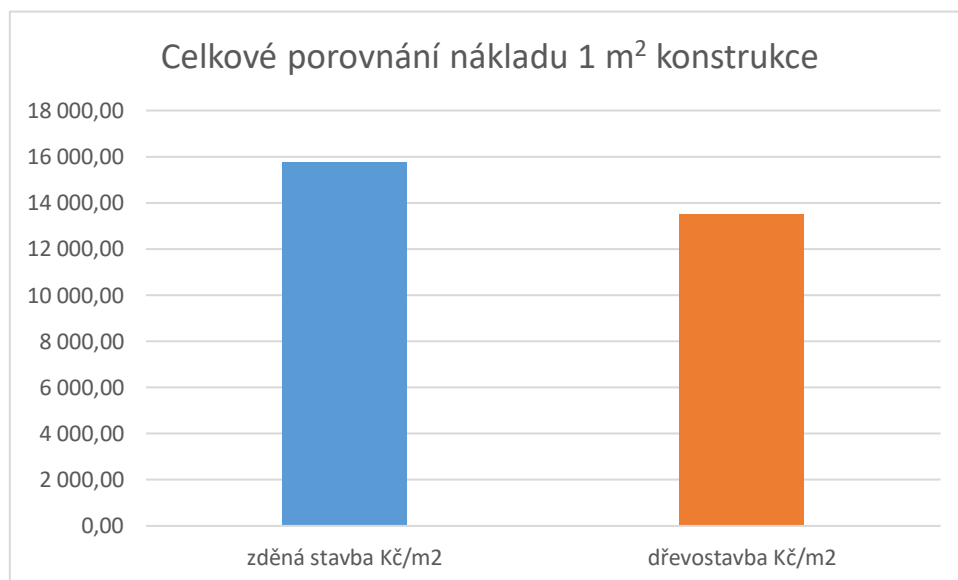
Náklady na novou konstrukci		
	zděná stavba Kč/m ²	dřevostavba Kč/m ²
obvodová stěna	2 658,97	3 862,83
vnitřní nosná stěna	2 373,11	2 339,43
příčka	1 410,77	994,90
stropní konstrukce	4 878,60	3 021,84
střešní konstrukce	4 423,00	3 262,04
celkem	15 744,45	13 481,04

Tab. 9: Náklady na výstavbu 1 m² konstrukce [34]



Graf 3: Porovnání nákladů výstavby 1 m² konstrukce [34]

Náklady na výstavbu obvodové stěny jsou jako jediné vyšší pro dřevostavbu asi o 31 % než u zděné stavby. Pro vnitřní nosnou stěnu jsou náklady téměř srovnatelné. Náklady na výstavbu příčky jsou pro dřevostavbu o 29 % nižší. Pro stropní konstrukci jsou náklady u dřevostavby o 38 % nižší a pro střešní konstrukci jsou o 26 % nižší.



Graf 4: Porovnání celkových nákladů na výstavbu 1 m² konstrukce [34]

Celková náklady na výstavbu m² konstrukcí dřevostavby jsou zhruba o 15 % Kč/m² nižší než pro zděnou stavbu.

14.2. Náklady na demolici

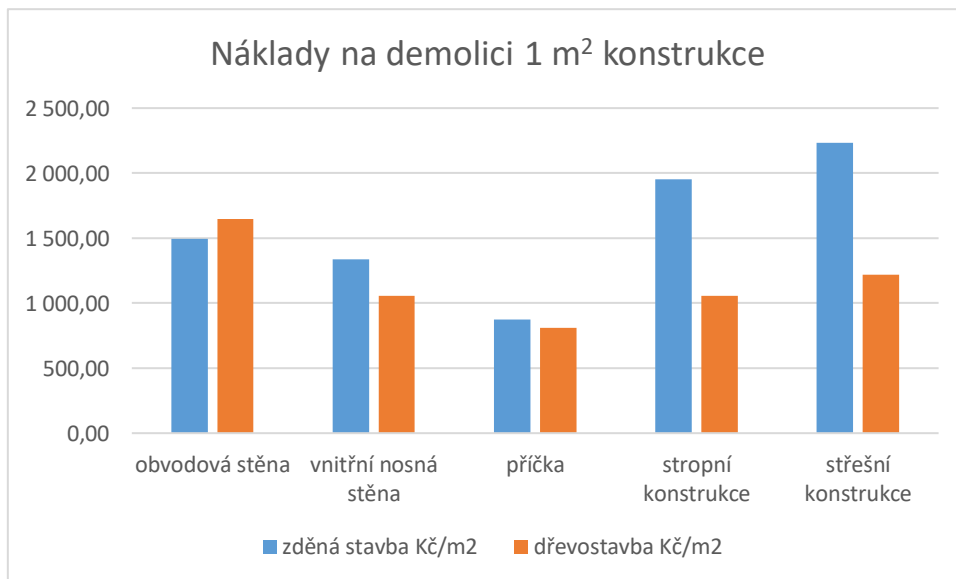
V následující tabulce jsou porovnány náklady na demolici konstrukce v Kč/m² pro dřevostavbu a zděnou stavbu. Hodnoty vychází z výstupů ze softwaru KROS 4, které jsou v příloze.

Porovnání nákladů na výstavbu 1 m² konstrukce:

Náklady na demolici		
	zděná stavba Kč/m2	dřevostavba Kč/m2
obvodová stěna	1 496,47	1 646,13
vnitřní nosná stěna	1 337,56	1 058,61
příčka	875,65	812,07
stropní konstrukce	1 951,34	1 056,83
střešní konstrukce	2 234,87	1 221,02
celkem	7 895,89	5 794,66

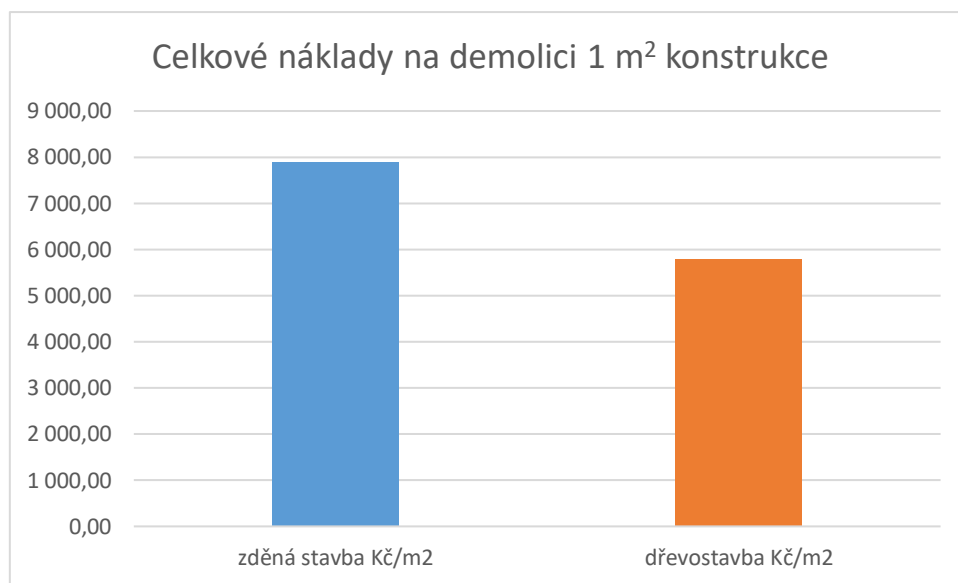
Tab. 10: Náklady na demolici 1 m² konstrukce [34]

U dřevostavby je po rozebrání konstrukcí možnost následného využití. Tabulka nezohledňuje výnosy z budoucího využití materiálů. Jelikož materiál zděné stavby po likvidaci má minimální opětovné využití, výhodnost dřevostavby v tomto ohledu je velká.



Graf 5: Porovnání nákladů demolice 1 m² konstrukce [34]

Náklady na demolici obvodové stěny jsou u dřevostavby o 9 % vyšší než u zděné stavby. Kromě této konstrukce, náklady na demolici jednotlivých konstrukcí dřevostavby, jsou nižší než u zděné stavby. Náklady na demolici vnitřní nosné stěny dřevostavby jsou o 21 % nižší. Náklady na demolici příčky dřevostavby jsou 7 % nižší. Největší rozdíl je u nákladů na demolici stropní konstrukce, u dřevostavby jsou tyto náklady o 46 % lépe. Náklady na demolici střešní konstrukce vychází o 45 % lépe.



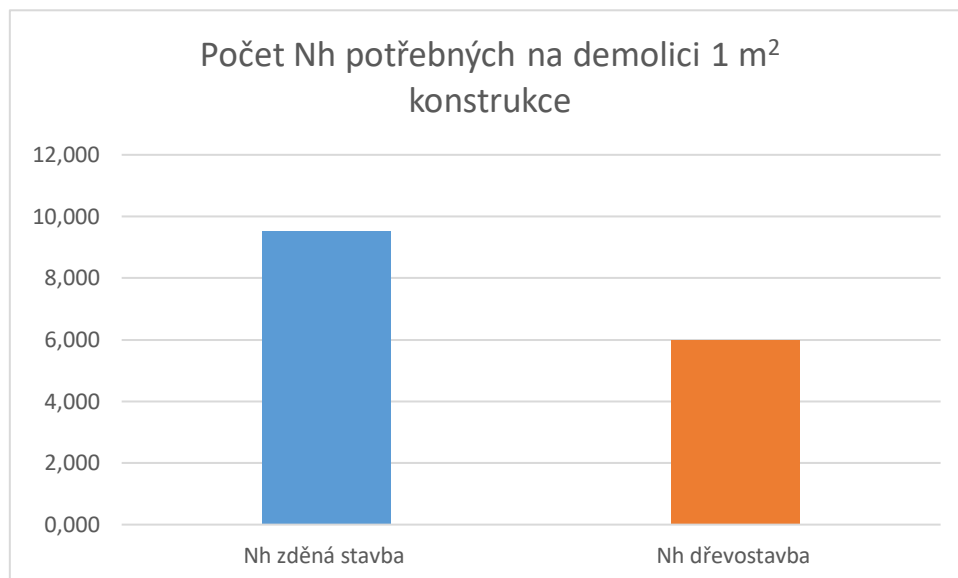
Graf 6: Porovnání celkových nákladů na demolici 1 m² konstrukce [34]

Celkové náklady na demolici m² konstrukce vychází pro dřevostavbu o 27 % lépe.

Porovnání časové náročnosti demolice 1 m² konstrukce:

Počet normohodin		
	Nh zděná stavba	Nh dřevostavba
obvodová stěna	1,650	2,418
vnitřní nosná stěna	1,308	0,935
příčka	0,420	0,310
stropní konstrukce	2,762	0,939
střešní konstrukce	3,399	1,372
celkem	9,539	5,974

Tab. 11: Počet Nh potřebných na výstavbu 1 m² konstrukce [34]



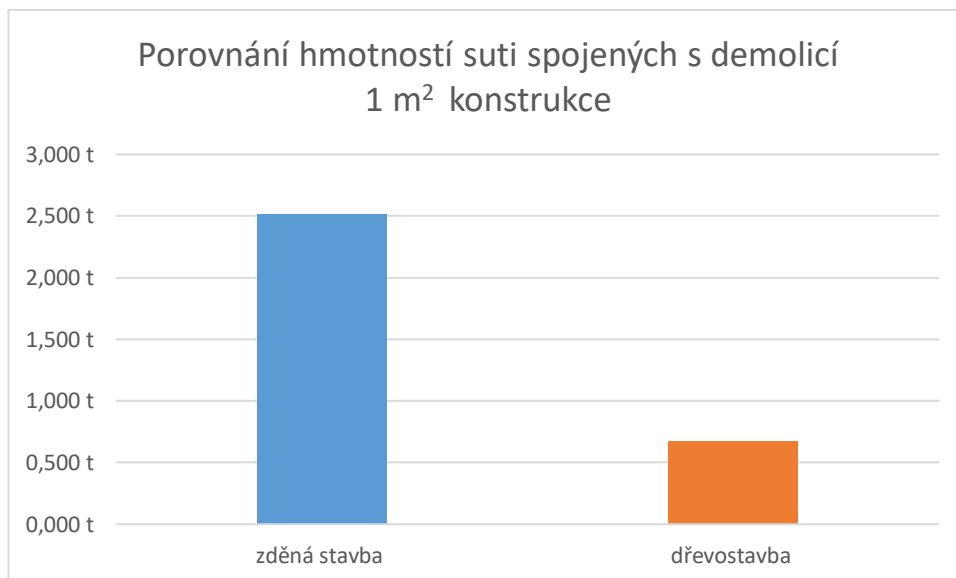
Graf 7: Porovnání počtu Nh potřebných na demolici 1 m² konstrukce [34]

Z grafu i z tabulky můžeme vyčíst, že počet normohodin potřebných na demolici 1 m² je výrazně nižší než u zděné stavby.

Porovnání množství sutě spojené s demolicí stavby:

	Sut'	
	zděná stavba	dřevostavba
obvodová stěna	0,543 t	0,306 t
vnitřní nosná stěna	0,450 t	0,120 t
příčka	0,117 t	0,033 t
stropní konstrukce	0,604 t	0,093 t
střešní konstrukce	0,803 t	0,120 t
celkem	2,517 t	0,672 t

Tab. 12: Hmotnost sutě spojené s demolicí 1 m² konstrukce [34]



Graf 8: Porovnání hmotností suti spojené s demolicí 1 m² konstrukce [34]

Z grafu i z tabulky vyplývá, že množství suti spojené s demolicí konstrukcí bude výrazně větší u zděné stavby. Recyklace dřeva je mnohem ekologičtější. Materiál se zužitkuje pro výrobu dřevotřískových desek nebo jako ekologické palivo, což znamená, že nebude nutné uložení materiálu na skládky. Naopak suť vzniklá z demolice zděné stavby se odloží na skládce, kde se nerozloží a zůstane navždy. Z tohoto hlediska je dřevostavba výhodnější než zděná stavba.

15. Závěr

Cílem této práce bylo srovnání konstrukcí dřevostavby v provozní a likvidační fázi životního cyklu. Jednotlivé konstrukce byly porovnány z hlediska tepelně technických vlastností, akustických vlastností, požární odolnosti, životnosti a ekologie. Dále byly jednotlivé konstrukce oceněny v softwaru Kros4. Byly srovnávány náklady na výstavbu nových konstrukcí a jejich demolici.

Z hlediska tepelně technických vlastností, konstrukce vychází téměř srovnatelně. Součinitele prostupu tepla pro konstrukce zděné stavby byly dány projektem. Konstrukce dřevostavby jsme navrhly tak, aby vyhověly požadovaným hodnotám a zároveň měly dobrou cenu.

Akustické vlastnosti vychází o něco lépe pro konstrukce zděné stavby.

Z hlediska požární odolnosti, konstrukce při správném navržení mohou mít srovnatelné schopnosti odolávat ohni.

Co se týče životnosti, při dodržení zásadních podmínek, jako například optimální vyschnutí, dobré ošetření materiálu a správný postup, mohou mít dřevostavby srovnatelnou životnost, jako stavby zděné.

Z ekologického hlediska jsou dřevostavby o dost výhodnější než zděné stavby. Dřevo je přírodní, obnovitelný zdroj s obrovským potenciálem. Suť vzniklá z dřevostaveb se dá opětovně využít například pro dřevotřískové desky nebo desky z orientovaných třísek. Jelikož má dřevo podstatně menší hmotnost, náklady na transport při pořízení stavby jsou nižší.

Naopak keramické prvky používané pro stavbu zděných domů prochází technologickým procesem vypalování v pecích. Mají větší hmotnost, což u transportu znamená velkou spotřebu energie. Při demolici objektu vzniká o dost více nezpracovatelného odpadu než u dřevostavby.

Dřevostavby jsou jednoznačně ekologicky šetrnější než stavby zděné z klasických materiálů.

Dále byly porovnány náklady na výstavbu nové konstrukce, kde dřevostavba vychází zhruba o 15 % lépe nežli stavba zděná.

Náklady na demolici dřevěné konstrukce vychází o 27 % lépe, a to bez započítání výnosů z opětovného využití materiálu dřevostavby.

Co se týče časové náročnosti demolice konstrukcí, dřevostavba jednoznačně vítězí.

Hmotnost suti vzniklé z demolice konstrukcí dřevostavby je téměř čtvrtinová.

16. Zdroje

- [1] HŮLKA, Ing. Ctibor, Ing. Radim MAŘÍK, Ing. Lubomír ODEHNAL, Ing. Pavel ŠTAJNRT a Ing. Viktor ZWIENER, PH.D. *Dřevostavby rodinných domů* [online]. Střední průmyslová škola stavební, Opava. Opava: příspěvková organizace, 2014 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: http://dk.spsopava.cz:8080/docs/pdf/pozemni_stavitelstvi/prirucky/Drevostavby.pdf
- [2] HOŘÍNEK, Karel. *Dřevostavba rámové konstrukce* [online]. Brno, 2009 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5HzoY6b5Z8wJ:https://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl%3Fzalozka%3D13%3Bid%3D3362%3Bstudium%3D27842%3Bzp%3D22905%3Bdownload_prace%3D1%3Blang%3Dsk+&cd=11&hl=cs&ct=clnk&gl=cz. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Vedoucí práce Doc. Dr. Ing. Zdena Havířová.
- [3] Drevodom Rajec v médiích: Dřevostavba jako bydlení, které léčí. *Drevodom Rajec* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.drevodomrajec.cz/kontakt-mainmenu-79/drevodom-rajec-v-mediich>
- [4] Hrázděné dřevostavby v ČR: Hrázděné stavby severozápadních Čech. *Lidová architektura* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.lidova-architektura.cz/architektura-historie/stavby-konstrukce/drevostavby-hrazdene-regiony.htm>
- [5] *Wood Framing: What Is Frame Construction With Pictures Wood Framing* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <http://hepbfreelasvegas.info/wood-framing.html/what-is-frame-construction-with-pictures-wood-framing>
- [6] HAVÍŘOVÁ, Zdeňka. *Dům ze dřeva*. Brno: ERA Group, 2005. Stavíme. Stavba. ISBN 80-7366-008-3.
- [7] NOVÁK, Ing. Petr. *Stavební systémy dřevostaveb – Rámové konstrukce* [online]. 2011, 24.10.2011 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/stavebni-systemy-1-dil>

- [8] VAVERKA, Jiří. *Dřevostavby pro bydlení*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.
- [9] KOLB, Josef. *Dřevostavby*. 2. aktual. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.
- [10] *Dřevěné rámové konstrukce* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.chatar-chalupar.cz/drevene-ramove-konstrukce/>
- [11] *Dřevostavba CLT* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://inardex.sk/informacie/stavebne-systemy/clt/>
- [12] *Konstrukční systémy dřevostaveb: Lehký a těžký dřevěný skelet* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/3415.konstrukcni-systemy-drevostaveb-lehky-a-tezky-dreveny-skelet>
- [13] LYSEK, Libor. *Analýza ekonomiky obytného rodinného domu na bázi dřevostavby* [online]. Brno, 2006 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/zp/portal_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti...;zp.... Diplomová práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- [14] GREGOROVÁ, Lucie. *Fáze životního cyklu stavby: přednášky*. Brno.
- [15] BERÁNKOVÁ, Ing. Eva. *Životní cyklus staveb* [online]. Ostrava [cit. 2019-05-23]. Fakulta stavební VŠB.
- [16] HAČKAJLOVÁ, L., *Ekonomika a management* 13, 1.vyd. 2004, 279 s., ISBN 80-01-03060-1
- [17] LENOCH, Josef a František KALOUSEK. *Ekonomická analýza dřevostaveb*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. ISBN 978-80-7375-473-0.
- [18] DUDOVÁ, M. Stanovení nákladů životního cyklu projektu stavby s ohledem na požadovanou životnost. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2007. 137. s. ISBN neuveden.
- [19] Jakou technologii zvolit – dřevostavbu, nebo zděný dům? *Vladimír Mrštňný* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://mrstny.cz/drevostavba-nebo-zdeny-dum>

[20] VONKA, Martin, Michal BUREŠ, Martin VOLF, et al. *SBToolCZ pro bytové domy* [online]. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební. Praha, 2013 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: https://www.sbtool.cz/upload/metodiky/00_bd_kniha_tisk_2013_v3.pdf

[21] Výkresová dokumentace projektu bytového domu

[22] Vlastní tvorba společně s Lucií Gregorovou

[23] UCHYTIL, Oto. *DŘEVOSTAVBA RÁMOVÉ KONSTRUKCE JAKO DIFÚZNĚ UZAVŘENÝ A OTEVŘENÝ STĚNOVÝ SYSTÉM* [online]. Brno, 2011 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?zalozka=13;id=3362;studium=36497;zp=26756;download_prace=1;lang=sk. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

[24] *Normové hodnoty součinitele prostupu tepla UN,20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převládající návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>

[25] *Energetické štítky obálky budov* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.tzus.cz/sluzby/certifikace-budov/energeticke-stitky-prukazy-audity/energeticke-stitky-obalky-budov>

[26] *Akustika staveb: Vzduchová neprůzvučnost aneb proč slyšíme hovor od sousedů: Co to je vzduchová neprůzvučnost (R_w)* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/4012.akustika-staveb-vzduchova-nepruzvucnost-aneb-proc-slysime-hovor-od-sousedu>

[27] *Požadavky na vzduchovou neprůzvučnost* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/189-pozadavky-na-vzduchovou-nepruzvucnost>

[28] *Akustika stavebních konstrukcí* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/6150-akustika-stavebnich-konstrukci>

[29] *Požární odolnost dřevostavby – vhodné materiály* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <http://www.tepelna-izolace.cz/pozarni-odolnost-drevostavby-vhodne-materialy.html>

[30] *Životní cyklus staveb: Životnost stavebních objektů* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/udrzba-budov/10219-zivotni-cyklus-staveb>

[31] ZDRAŽIL, Tomáš. *Návrh rodinného domu systémem dřevěné rámové konstrukce* [online]. Brno, 2013 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/zp/portal_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti=51099;download_prace=1. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

[32] LOVECKÝ, Petr. *Porovnání dřevostavby a zděné stavby* [online]. Brno, 2009 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?zalozka=13;id=3362;studium=28701;zp=22906;download_prace=1;lang=sk. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

[33] ŠIROKÁ, Marie. *Environmentálně efektivní materiály pro stavební konstrukce* [online]. 26.11. 2007, , 5 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <http://www.konopi.info/service.asp?act=print&val=65954>

[34] Vlastní zdroj

17. Seznam příloh

- 1.a – Rozpočet obvodové stěny dřevostavby
- 1.b – Rozpočet obvodové stěny zděné stavby
- 2.a – Rozpočet vnitřní nosné stěny dřevostavby
- 2.b – Rozpočet vnitřní nosné stěny zděné stavby
- 3.a – Rozpočet stropní konstrukce dřevostavby
- 3.b – Rozpočet stropní konstrukce zděné stavby
- 4.a – Rozpočet příčky dřevostavby
- 4.b – Rozpočet příčky zděné stavby
- 5.a – Rozpočet střešní konstrukce dřevostavby
- 5.b – Rozpočet střešní konstrukce zděné stavby
- 1.a – Rozpočet demolice obvodové stěny dřevostavby
- 1.b – Rozpočet demolice obvodové stěny zděné stavby
- 2.a – Rozpočet demolice vnitřní nosné stěny dřevostavby
- 2.b – Rozpočet demolice vnitřní nosné stěny zděné stavby
- 3.a – Rozpočet demolice stropní konstrukce dřevostavby
- 3.b – Rozpočet demolice stropní konstrukce zděné stavby
- 4.a – Rozpočet demolice příčky dřevostavby
- 4.b – Rozpočet demolice příčky zděné stavby
- 5.a – Rozpočet demolice střešní konstrukce dřevostavby
- 5.b – Rozpočet demolice střešní konstrukce zděné stavby
- 6. Výpočet prostupu tepla U konstrukcemi zděné stavby a dřevostavby

18. Seznam obrázků

- Obr. 1: Stavba z masivního dřeva*
- Obr. 2: Hrázděná stavba*
- Obr. 3: Stavba typu Balloon frame*
- Obr. 4: Rámová stavba*
- Obr. 5: Stavba z dřevěných panelů*
- Obr. 6: Skeletová stavba*
- Obr. 7: Fáze životního cyklu stavby*
- Obr.8: Základní oblasti hodnocení*
- Obr. 9: Půdorys 1.NP podkladového projektu zděné stavby*
- Obr. 10: Řez objektem podkladového projektu zděné stavby*
- Obr. 11: Řez obvodovou stěnou dřevostavby*
- Obr. 12: Řez vnitřní nosnou stěnou dřevostavby*
- Obr. 13: Řez příčkou dřevostavby*
- Obr. 14: Řez střešní konstrukcí dřevostavby*
- Obr. 15: Řez stropní konstrukcí dřevostavby*

Obr. 16: Energetický štítek obálky budovy

Obr. 17: Rozložení akustického výkonu po dopadu na stavební konstrukci

19. Seznam tabulek

Tab. 1 - Hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN

Tab. 2: Hodnoty součinitele prostupu tepla

Tab. 3: Vzduchová neprůzvučnost konstrukcí

*Tab.4: Požadavky na výše uvedené konstrukce – ČSN 73 0532, výtah
týkající se pouze obytných budov a rodinných řadových domů*

*Tab. 5: Srovnání tříd reakce na oheň se stupněm hořlavosti stavebních
hmot*

*Tab. 6: Reakce materiálů na oheň obvodových stěn zděné stavby a
dřevostavby*

*Tab. 7: Reakce materiálů na oheň stropních konstrukcí zděné stavby a
dřevostavby*

Tab. 8: Požární odolnosti příček zděné stavby a dřevostavby

Tab. 9: Náklady na výstavbu 1 m² konstrukce

Tab. 10: Náklady na demolici 1 m² konstrukce

Tab. 11: Počet Nh potřebných na výstavbu 1 m² konstrukce

Tab. 12: Hmotnost sutě spojené s demolicí 1 m² konstrukce

20. Seznam grafů

Graf 1: Procentuální vyjádření nákladů životního cyklu stavebních objektů

Graf. 2: Porovnání součinitelů prostupu tepla

Graf 3: Porovnání nákladů výstavby 1 m² konstrukce

Graf 4: Porovnání celkových nákladů na výstavbu 1 m² konstrukce

Graf 5: Porovnání nákladů demolice 1 m² konstrukce

Graf 6: Porovnání celkových nákladů na demolici 1 m² konstrukce

Graf 7: Porovnání počtu Nh potřebných na demolici 1 m² konstrukce

Graf 8: Porovnání hmotností sutě spojené s demolicí 1 m² konstrukce

21. Seznam použitých zkratek

mm – milimetr

m – metr

m² – metr čtvereční

Nh – normohodina

d – tloušťka dané vrstvy v konstrukci

R – tepelný odpor vrstvy

R_{si} – odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce

R_{se} – odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce

ΣR – součet tepelných odporů jednotlivých vrstev konstrukce

U – součinitel prostupu tepla

U_N – normová hodnota součinitele prostupu tepla

λ – lambda – součinitel tepelné vodivosti

SDK – sádrokartonová deska

PVC – polyvinylchlorid

CNC – Computer Numerical Control, Obráběcí stroj

$R'w$ – vážená stavební neprůzvučnost

dB – decibel